

Arquitectura de Cloud Computing Híbrida basada en tecnología Open Source

Nelson Rodríguez¹, María Murazzo², Susana Chavez³, Miguel Guevara⁴

Departamento e Instituto de Informática, Universidad Nacional de San Juan, Complejo Universitario Islas Malvinas, Rivadavia, San Juan, Argentina

nelson@iinfo.unsj.edu.ar¹, marite@unsj-cuim.edu.ar², schavez@iinfo.unsj.edu.ar³, migueljoseguevaratencio@gmail.com⁴

Abstract. El avance de tecnologías como la computación distribuida, Internet y grid computing, han posibilitado que Cloud Computing forme parte de un nuevo modelo de computación y de negocios. Cloud Computing está transformando los modos tradicionales de cómo las empresas utilizan y adquieren los recursos de Information Technology (IT). Luego de un auge inicial de los Cloud Públicos las empresas han comenzado a montar Cloud híbridos que ofrecen las ventajas de Cloud Computing sumado a la privacidad de los datos que consideren estratégicos. Una solución de Cloud híbrido permite la integración de ambos sistemas. Las empresas líderes en soluciones cloud han entendido esta evolución y han comenzado a ofrecer soluciones híbridas. Más aun, muchas de esas empresas están dando el siguiente paso ofreciendo soluciones basadas en estándares open source que permitan alto grado de interoperabilidad y portabilidad.

Keywords: Cloud Computing, Cloud Computing Híbrida, Open Source, OpenStack, OpenShift

1. JUSTIFICACIÓN

Los nuevos sistemas de computación, la evolución de las tecnologías de información y los retos humanos para lograr reducción de costos en las organizaciones, son algunos de los motivos que han llevado al surgimiento del Cloud Computing, como una alternativa tecnológica para optimizar los recursos informáticos y generar una nueva visión de la Computación. Cloud Computing, permite un uso más eficiente de recursos, como almacenamiento, memoria, procesamiento y ancho de banda, al proveer solamente los recursos necesarios en cada momento, lo que se traduce muchas veces, en reducción de costos operacionales.

La consultora Gartner (www.gartner.com), en su evento *Gartner Symposium/ITxpo 2013*, resalta la importancia de Cloud Computing al relacionarla con las que considera las 10 tecnologías Top. Además estima que para 2016 Cloud Computing se convertirá en la columna vertebral de la inversión en TI, además considera que ese año será decisivo en el paso de nube privada a **nube híbrida** y casi la mitad de los grandes desarrollos de Cloud serán híbridos para fines de 2017.

Por su parte, la consultora IDC (www.idc.com) prevé que el gasto global en TI llegará a 2,140 billones para 2014. El mismo provendrá principalmente de las tecnologías de la tercera plataforma: movilidad, redes sociales, **cloud computing** y Big Data, las cuales crecerán un 15% cada año y abarcarán el 89% del crecimiento en el gasto de TI. En particular, posiciona a Cloud Computing como la segunda tecnología más estratégica para las organizaciones y los usuarios finales.

Con respecto al tipo de cloud (público, privado o híbrido), no son pocos los que apuntan a una solución híbrida como el modelo de mayor potencial en el entorno organizacional. Gartner e IDC la señalan como la más atractiva para mejorar y agilizar los procesos de negocio, al mismo tiempo que plantea grandes retos para los proveedores de soluciones y los departamentos de TI de las empresas. Prueba de ello son los recientes movimientos de los principales proveedores de cloud privado como IBM SmartCloud o VMware, que ofrecen nuevas soluciones y adaptan sus productos para la integración de cloud públicos y privados allanando el camino a las organizaciones en la adopción de una solución híbrida.

Según Jim Whitehurst, Presidente y CEO de Red Hat, durante el presente año las arquitecturas cloud pasarán de la experimentación a la implementación. Más específicamente anuncia que el Cloud será híbrido, debido a que las implementaciones de infraestructuras “tradicionales” están perdiendo terreno frente a las implementaciones híbridas, que consisten en la interoperabilidad de las soluciones de Cloud con la infraestructura que el cliente ya posee. Por otra parte, los productos de código abierto continuarán desarrollándose y reduciendo la participación del mercado de los productos propietarios.

En función de todo lo analizado, no caben dudas que es necesario investigar e implementar tecnologías estratégicas para cualquier organización, que desee posicionarse como líder dentro del mercado vertical donde brinde sus servicios o productos. Es por ello, que el presente trabajo brinda las pautas necesarias para instalar, configurar, gestionar y poner a punto una Arquitectura de Cloud Híbrida Open Source.

2. INTRODUCCIÓN

Cloud Computing representa un cambio fundamental en la forma en que los servicios de tecnología de la información son creados, desarrollados, desplegados, escalados, actualizados, mantenidos y facturados. La Informática de hoy refleja una paradoja: por una parte, las computadoras resultan cada vez más poderosas y el coste por unidad disminuye, sin embargo la computación resulta más pervasiva dentro de la organización y se incrementa la complejidad de administrar toda la infraestructura de las arquitecturas, los datos y el software [1].

Cloud Computing han tomado relevancia en los últimos años, basta con comparar por medio de Google trends las tendencias de búsqueda de términos y se puede observar que “Cloud Computing” ha sobresalido exponencialmente.

Es un paradigma que permite el cómputo a gran escala mediante la abstracción de la complejidad de la plataforma de desarrollo y la infraestructura sobre la que se monta, esto se logra a través de la encapsulación del hardware, la compartición de recursos y la virtualización. De esta manera es posible crear una plataforma agnóstica y escalable para el desarrollo de aplicaciones.

Algunas empresas han montado sus propios Cloud privados para la gestión y administración de sus recursos, pero han sido ineficientes al momento de la escalabilidad exigiéndoles la migración a una arquitectura de Cloud híbrida.

3. BACKGROUND

En los últimos años se ha visto evolucionar tecnologías vitales en lo que a TIC

(Tecnologías de Información y Comunicaciones) se refiere, tales como los servicios de telefonía, las telecomunicaciones, los datacenter, etc.

Internet usualmente se visualiza y conceptualiza como una gran nube (cloud) donde todo está conectado y donde se suministran todos los servicios requeridos. A este esquema de trabajo se lo denomina Cloud Computing, la cual es similar a todos los esquemas antes nombrados, pero potenciada con tecnologías de virtualización [2].

Atendiendo a la definición dada por el NIST (National Institute of Standards and Technology) [3], cloud computing es un modelo tecnológico que permite el acceso ubicuo, adaptado y bajo demanda en red a un conjunto compartido de recursos de computación configurables (por ejemplo: redes, servidores, equipos de almacenamiento, aplicaciones y servicios), que pueden ser rápidamente aprovisionados y liberados con un esfuerzo de gestión reducido o interacción mínima con el proveedor del servicio.

Según IBM [4], Cloud Computing es un modelo de aprovisionamiento rápido de recursos IT que potencia la prestación de servicios, facilitando la operativa del usuario final y del prestador del servicio. Además, todo ello se realiza de manera fiable y segura, con una escalabilidad elástica que es capaz de atender fuertes cambios en la demanda no previsible a priori, sin que esto suponga apenas un incremento en los costes de gestión.

La característica básica de este modelo es que los recursos y servicios informáticos como infraestructura, plataforma y aplicaciones, son ofrecidos y consumidos como servicios a través de Internet sin que los usuarios tengan que tener ningún conocimiento de lo que sucede detrás. Cloud Computing es un esquema que a veces se expresa como Everything as a Service [5].

El NIST clasifica los modelos de la computación en nube en dos grandes categorías: **Modelos de servicio**, que se refieren a los servicios específicos a los que se puede acceder en una plataforma de computación en la nube (software-as-a-service o SaaS, platform-as-a-service o PaaS e infrastructure-as-a-service o IaaS); y el **Modelos de despliegue**, que se refieren a la posición (localización) y administración (gestión) de la infraestructura de la nube (Pública, Privada, e Híbrida).

En el **Modelo de Servicio**, el **IaaS** se brinda, normalmente, mediante una plataforma de virtualización donde la capacidad suministrada a los clientes es el abastecimiento de procesamiento, espacio de almacenamiento, equipos de red y otros recursos computacionales para que puedan desplegar y ejecutar software, lo cual puede incluir sistemas operativos y aplicaciones. El **PaaS**, brinda a los clientes la capacidad de desplegar sus aplicaciones en la infraestructura del cloud, utilizando diferentes lenguajes y herramientas de programación que el proveedor del servicio soporte. A diferencia de los servicios ofrecidos por el IaaS, los clientes no gestionan ni controlan la infraestructura del cloud, pero tienen el control sobre las aplicaciones desplegadas y su configuración. Con respecto al **SaaS**, llamado CloudApp, proporciona a los clientes el uso de aplicaciones del proveedor, que se ejecutan en su infraestructura. El usuario no se preocupa donde está instalado el software, qué tipo de sistema operativo utiliza o el lenguaje en el que cada aplicación está escrita.

Con respecto al **Modelo de Despliegue**, en el **Modelo Público** el proveedor de los servicios de Cloud Computing es dueño de la infraestructura física y pone a disposición del cliente los servicios del cloud a través de Internet; ésta es su característica esencial pues es lo que permite que el usuario pueda acceder a dichos

servicios en cualquier momento y lugar. Por su parte, el **Modelo Privado**, es una emulación del público, pero en una red privada, ya que ofrece los mismos servicios que un Cloud público con la ventaja de que el usuario cuenta con sus propios recursos, lo que le permite tener el control de seguridad y calidad de servicio sobre ellos. Por último, en el **Modelo Híbrido**, se combinan los modelos público y privado, siendo su principal ventaja permitir aumentar la capacidad del cloud privado con los recursos del cloud público para poder mantener niveles de servicio adecuados, frente a rápidas fluctuaciones de carga de trabajo.

4. ARQUITECTURA DE CLOUD COMPUTING

La arquitectura de cloud computing se la puede representar como un conjunto de capas que se encuentran acopladas para lograr darle funcionalidad al sistema [6]. La misma presenta las capas de:

- Aplicación: incluye servicios basados en web y SaaS.
- Plataforma: incluye componentes de aplicación como servicio.
- Infraestructura: incluye software de plataforma como servicio.
- Virtualización: incluye infraestructura virtual como un servicio
- Recursos físicos: incluye elementos como servidores, almacenamiento y red.

Esta arquitectura puede ser montada en cualquiera de los Modelos de despliegue, sin embargo, la mejor opción para cualquier organización en la actualidad es poder implementar una Arquitectura Híbrida [7] que permita la combinación de recursos procedentes de infraestructuras físicas, virtuales y de cloud pública y privada.

Es importante destacar que una arquitectura híbrida significa implementar una infraestructura fluida, interconectada e interoperable basada en estándares, capaz de aprovechar la innovación, con independencia de dónde provenga, que le permita mantener el control de los recursos y de su destino. Las características que hacen a esta solución híbrida tan atractiva para cualquier organización son:

- **Integración** con los sistemas existentes. La arquitectura híbrida necesita combinar la infraestructura física y/o virtual o infraestructura de cloud privada con los recursos que proporciona un cloud público, evitando el conflicto con el sistema heredado, manteniendo las configuraciones de computación, red y almacenamiento para que el cloud híbrido no afecte al rendimiento del sistema.
- **Escalabilidad**. El cloud híbrido debe ser capaz de responder a las necesidades de las organizaciones inmediata y automáticamente cuando ésta necesita de más recursos tecnológicos, de ésta forma no habrá que preocuparse por los requerimientos tecnológicos para ampliar sus posibilidades.
- **Personalización**. La opción híbrida permite adoptar una estrategia cloud en función de las necesidades particulares de la organización en cada momento, porque aumenta la capacidad de elección a la hora de seleccionar los datos y cargas de trabajo que residen en cada cloud, además de que permite crear restricciones de acceso a los usuarios.
- **Seguridad**. La cloud híbrida debe responder a diferentes requisitos de seguridad, uno de los más complejos, la gestión de datos críticos. Importantes retos para los que ya existen productos especializados.
- **Orquestación y automatización**. Todos los elementos deben funcionar en armonía unos con otros, de forma automatizada. La interoperabilidad entre cloud

pública y privada debe estar perfectamente sincronizado, también con el entorno local, de forma que ambas cloud puedan operar conjuntamente las soluciones que están en la cloud privada y las que están en la cloud pública.

El cloud híbrido implica que tanto el cloud privado corporativo como el cloud público utilizado trabajen de forma conjunta, automáticamente, para adaptarse a lo que la organización necesite en cada momento. Además implica no tener que pensar en gastos de capitalización, sino en un abono mensual, y en poder expandir el cloud privado si ésta llega a sus límites.

En un cloud híbrido, los entornos de TI fuera y dentro de las instalaciones no solo están conectados e integrados con una gestión común; también están diseñados para ejecutar las aplicaciones existentes y nuevas, de la misma forma. Con un cloud híbrido, las organizaciones pueden aprovechar un modelo de gestión, organización, conexión en red y seguridad común para dentro y fuera de las instalaciones [8].

Un aspecto muy importante a la hora de instalar una Arquitectura Híbrida, es tener en cuenta que se va a contar con recursos procedentes de infraestructuras físicas, virtuales y de cloud público y privado que en la mayoría de los casos serán heterogéneos. Por lo tanto se debe incorporar esta diversidad de tecnologías sin dependencia del proveedor y con una interoperabilidad y portabilidad plena. De lo contrario, los beneficios del cloud como eficiencia, agilidad y productividad, se verán afectadas por la carga de gestionar la interoperabilidad entre los diferentes recursos.

En resumen, se puede decir que una Arquitectura Cloud Híbrida Open Source, significa “montar” una infraestructura fluida, interconectada e interoperable basada en estándares, capaz de aprovechar la innovación, con independencia de dónde provenga, que le permita mantener el control de su TI y de su destino.

5. HERRAMIENTAS SELECCIONADAS

Para implementar una Arquitectura de Cloud Computing Híbrida Open Source, se ha decidido trabajar con OpenStack como IaaS y OpenShift como PaaS.

OpenStack (www.openstack.com) es la base de *OpenCloud* (www.opencloud.com), una iniciativa que busca la interacción estandarizada de las plataformas cloud de diferentes empresas. Es un proyecto global para crear una plataforma de cómputo open source en el cloud, que cumpla con las necesidades de los proveedores de servicios en clouds públicos, privados e híbridos, independientemente de su tamaño, que sea fácil de implementar y escalable.

El proyecto fue fundado en octubre de 2010 por la empresa Rackspace Cloud y por la agencia espacial estadounidense, NASA. Actualmente es gestionado por la Fundación OpenStack y cuenta con el apoyo de más de 150 empresas, entre las que destacan Rackspace, Oracle, AMD, Cisco, Canonical, IBM, HP, Dell Red Hat, Suse Linux, VMware, Yahoo y KIO Networks en América Latina.

OpenStack está escrito totalmente en Python y es el tercer proyecto open source en importancia a nivel mundial; y se lo describe como un "sistema operativo de cloud", ya que se desempeña como el coordinador de los recursos que sustentan a los servicios [9].

Un cloud de OpenStack se compone de cuatro nodos con diferentes funciones dependiendo de los componentes de OpenStack que tenga instalados, como muestra la figura 1.

- **Controller node:** encargado de la gestión de las instancias con Nova y de la orquestación del resto de componentes.
- **Compute node:** encargado de la ejecución de las instancias como máquinas virtuales sobre un hipervisor. Los protocolos de red de almacenamiento (por eje., iSCSI) y el plugin de red Switch.
- **Network node:** encargado de la comunicación de las redes internas con el exterior lo cual permite network connectivity-as-a-service, mediante Quantum que está basado en OpenFlow.
- **Storage node:** Nodo encargado de la gestión del almacenamiento. Los principales componentes son Glance, Cinder y Swift.

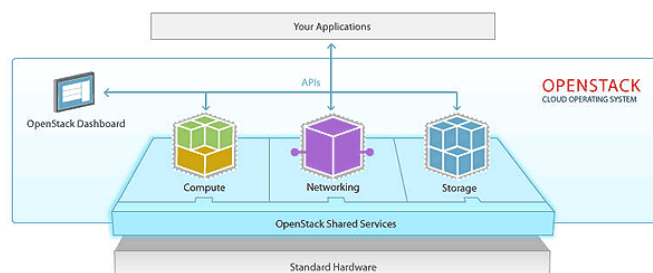


Figura 1: Arquitectura de OpenStack

Cada uno de estos nodos está formado por diferentes componentes que trabajan en conjunto. Esta integración es lograda a través de APIs que cada servicio ofrece y consume, esto se puede ver en la figura 2. Gracias a estas APIs, los servicios pueden comunicarse entre ellos y además se posibilita que un servicio sea reemplazado por otro de similares características siempre que se respete la forma de comunicación. Es decir, OpenStack es extensible y se ajusta a las necesidades de quien desee implementarlo [10].

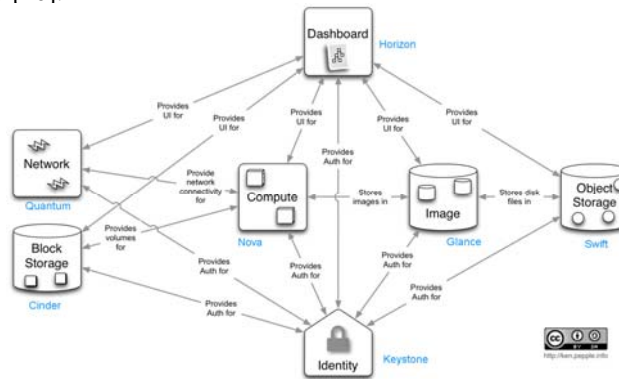


Figura 2: Esquema conceptual de OpenStack

Openshift (www.openshift.com) es un PaaS presentado por Red Hat en 2011 [11]. Esta plataforma soporta una importante variedad de lenguajes de programación como: Java, Ruby, PHP, Perl y Python; además incluye los frameworks de Spring, Seam, Weld, CDI, Rails, Rack, Symfony, Zend Framework, Twisted, Django y Java EE. Por

otro lado soporta sistemas de archivos distribuidos y almacenamiento de datos SQL y NoSQL. Está basado en los estándares de interoperabilidad Deltacloud y esto permite a los diseñadores ejecutar sus aplicaciones en cualquier proveedor de Cloud Público.

Deltacloud y Libcloud son abstracciones que facilitan el desarrollo de aplicaciones independientemente de las especificaciones de un proveedor de cloud. Sin embargo esto tiene un precio: al ser abstracciones no pueden exponer las características que diferencian a las distintas plataformas y por lo tanto puede representar una pérdida significativa de funcionalidad o de rendimiento. En otras palabras, cuando se trabaja directamente sobre un proveedor de cloud se aprovecha el conjunto completo de sus características, obteniendo beneficios significativos que se traducen en productos más ricos, sólidos y rápidos. Ambos enfoques tienen su lugar y se necesitan en el mercado.

OpenShift, se presenta en tres versiones diferentes [12]:

- **OpenShift Origin:** es la versión libre de OpenShift. Esta sobre GitHub y liberado bajo una licencia Apache 2. Todos los cambios al código base pasan por el repositorio público, tanto para Red Hat como para los desarrolladores externos. Para usar esta versión es necesario instalarlo localmente. Aproximadamente cada tres semanas (duración de un sprint) la versión Origin es empaquetada y lanzada como una nueva versión de OpenShift Online.
- **OpenShift Online:** Con esta versión Red Hat se encarga de organizar el PaaS en Amazon Web Services (AWS) y crear una cuenta. Todo el trabajo del servidor como la actualización del sistema operativo y la gestión de redes, está cubierto por el equipo de operaciones OpenShift. Los desarrolladores solo se concentran en su aplicación.
- **OpenShift Enterprise:** En la actualidad se libera aproximadamente cada un trimestre. Esta versión permite ejecutar el PaaS sobre cualquier infraestructura (desde un datacenter hasta Rackspace o AWS). Dado que la estabilidad es de suma importancia, algunas de las características que se encuentran en la versión Origin u Online, pueden no estar en la última versión lanzada de Enterprise.

Las aplicaciones pueden moverse entre las distintas versiones de OpenShift, siempre y cuando los componentes usados estén disponibles. Esto le da a los desarrolladores y empresas una opción muy buena de **cloud híbrida**, donde es posible que desarrolladores y pequeños equipos trabajen sobre la versión Online con aquellas aplicaciones que permiten datos en el cloud público. Sin embargo, si comienzan a desarrollar una aplicación que tiene requerimientos de datos más estrictos, pueden cambiar de versión manteniendo el mismo patrón de desarrollo que se utilizan para la plataforma Online.

6. ARQUITECTURA PROPUESTA:

La plataforma cloud que se va a usar para montar los servicios es OpenStack Grizzly que se encuentra en la séptima distribución, liberada el 4 de abril de 2012 y cuyo logo se ve en la figura 3.



Figura 3: Logo de OpenStack Grizzly

Para realizar la instalación se montaron todos los servicios y componentes en un solo nodo el cual debe tener una instalación previa de Ubuntu Server 12.04 LTS de 64 bits.

Antes de comenzar con la instalación de OpenStack se deben instalar los paquetes *ntp* (para sincronización de relojes en el cloud), *python-mysqldb* (para gestión de las bases de datos) y *rabbitmq* (servicio de mensajería).

Una vez que estos paquetes se han instalado es necesario instalar *ubuntu-cloud-keyring*, los cuales permiten gestionar las credenciales de autenticación de los usuarios.

En ese momento se está listo para montar los componentes propios del core de OpenStack. En la versión Grizzly los componentes son siete, los cuales se pueden ver en la figura 4.

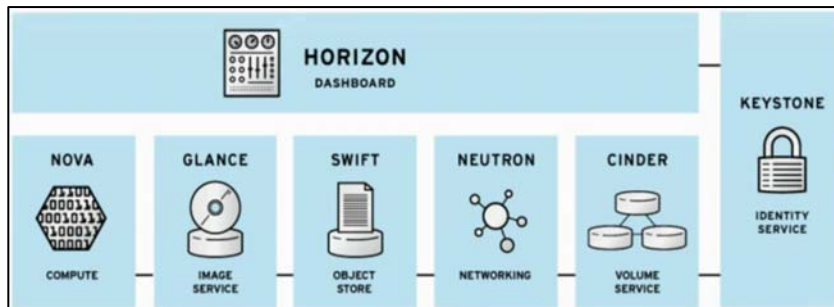


Figura 4: Arquitectura de OpenStack Grizzly

Para cada uno de los componentes que se muestran en la figura 4, se debe crear la base de datos correspondientes e instalar el paquete por su nombre mediante el gestor de paquetes. El ultimo componente, *Horizont*, brinda una interface de usuario modular basada en web para todos los servicios de OpenStack llamada *Dashboard*, la cual está desarrollada en *Django*. Terminada la instalación de todos los componentes se accede al entorno cloud mediante un browser, a la IP del nodo, configurada en el Dashboard, donde muestra la pantalla de validación de usuario.

Una vez validado el usuario aparece la pantalla de administración (figura 5), con todas las aplicaciones necesarias para configurar el cloud: instancias, imágenes, sabores, etc.



Figura 5: Pantalla del administrador del Dashboard

7. TRABAJOS REALIZADOS Y FUTUROS

Una tarea que le llevó al equipo de trabajo mucho tiempo es decidir cual sería el IaaS que se usaría para implementar el cloud. De entre todas las opciones existentes se seleccionó OpenStack debido a que va más allá de un IaaS, debido a que la forma que tiene de manejar los componentes, lo convierte en un sistema operativo de cloud, donde la capa de virtualización está incluida como un componente de la plataforma.

Una vez seleccionado OpenStack como plataforma, se analizó que distribución se instalaría, como se ha tratado en el punto anterior se seleccionó la distribución Grizzly, la cual se bien no es la última distribución estable existente en el GitHub, es la más adecuada para el hardware con el que se cuenta en este momento. En el futuro se planea realizar la migración a la distribución Juno, debido a que provee mayor robustez en lo que la virtualización se refiere.

Hasta el momento se ha montado el servidor del cloud privado y se ha configurado el *Keystone*. También se ha analizado la forma en la cual trabaja el *Dashboard*, para poder configurar los componentes del cloud. Independientemente, se ha comenzado a estudiar la forma en la cual se programa, para ello se ha seleccionado como lenguaje de programación Python.

Como trabajo en curso, se está estudiando la forma de configurar *Neutron* para NaaS (Networking as a Service) y *Nova* para los servicios de virtualización.

Otra tarea que se está realizando es el análisis de la instanciación y configuración de los clientes. Por último, resta la instalación de OpenShift para contar con un PaaS instalado sobre el IaaS provisto por OpenStack, para realizar esta tarea es necesario contar con la infraestructura de OpenStack ya instalada y configurada para poder empezar con la fase de producción.

8. CONCLUSIONES

No cabe duda de la importancia tecnológica que tiene todo lo relacionado al Cloud Computing. La posibilidad de instalar, configurar y gestionar, en el ámbito académico una arquitectura de cloud privado open source, que se pueda extender a un cloud híbrido, permitirá contar con herramientas de investigación actuales en temas de gran actualidad.

El contar con un cloud de estas características se plantea como una paulatina eliminación de los recursos físicos propios y su sustitución por recursos virtuales con escalada elástica.

Desde el punto de vista del desarrollador de aplicaciones, le permitirá contar con una plataforma de desarrollo con capacidad de interoperabilidad con el cloud público mediante la manipulación nativa de API que permitan la comunicación de forma transparente al desarrollador. La tendencia en esta área es tratar de lograr contar con una plataforma fácil de mantener y gestionar para lograr una alta disponibilidad de recursos en la medida que el usuario lo requiera.

El modelo de despliegue híbrido permite a los negocios tomar ventaja de las escalabilidad y efectividad en costos que los ambientes de CC público ofrecen sin exponer las aplicaciones de misión crítica y los datos a las vulnerabilidades de las terceras partes.

El objetivo de la implementación es probar los beneficios de cloud híbrido entre los que se cuenta: rápida ejecución de IT y corto tiempo para puesta a punto, uso óptimo de los recursos de IT y de costos de IT, acceso en cualquier momento a las

aplicaciones desktop y la información, rápida escalabilidad o reasignación según cambie la demanda, reducción de costos de energía de infraestructura y facilidad de gestión de costos, mayor productividad del staff de IT en toda la organización y mejora en la seguridad y protección de la información.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Sean Marston , Zhi Li , Subhajyoti Bandyopadhyay , Juheng Zhang , Anand Ghalsas (2010) “Cloud computing — The business perspective”, Decision support systems, Volume 51, Issue 1, April 2011, Pages 176–189, Elsevier.
- [2] Armbrust, Fox, Griffith, Joseph, Katz, Konwinski, Lee, Patterson, Rabkin, Stoica, Zaharia. “A View of Cloud Computing” Communications of the ACM, Vol. 53 No. 4, Pages 50-58.
- [3] Mell, Grance. "The NIST definition of cloud computing." NIST Special Publication 800 – 145, 2011.
- [4] Zhu, Fang et al. "IBM Cloud Computing Powering a Smarter Planet", Libro Cloud Computing, Volumen 5931/2009, Páginas 621- 625.
- [5] Rodríguez, Chávez, Martín, Murazzo, Valenzuela. “Interoperabilidad en cloud computing”. WICC 2011. Rosario Argentina.
- [6] Murazzo, Rodríguez, Villafañe, Gallardo. “Desarrollo de aplicaciones colaborativas para cloud computing”. Mar del Plata, Argentina. CACIC 2013
- [7] Li, Wang, Du. “Applications integration in a hybrid cloud computing environment: modelling and platform”. Enterprise Information Systems, 7(3), 237-271. 2013.
- [8] Balachandran. “Development of A Decision Support System for Hybrid and Cloud Computing”. Intelligent Decision Technologies: Proceedings of the 5th KES International Conference on Intelligent Decision Technologies (KES-IDT 2013) (Vol. 255, p. 187). Courier Dover Publications. Junio 2013.
- [9] OpenStack. “Introduction to OpenStack, Chapter 2. Brief Overview”. URL: <http://docs.openstack.org/training-guides/content/module001-ch002-brief-overview.html>.
- [10] OpenStack. “Introduction to OpenStack, Chapter 4. OpenStack Architecture”. URL: <http://docs.openstack.org/training-guides/content/module001-ch004-openstack-architecture.html>
- [11] Red Hat. Red Hat Launches OpenShift Platform as a Service. URL: <http://www.eweek.com/c/a/Cloud-Computing/Red-Hat-Launches-OpenShift-Platform-as-a-Service-721913/>
- [12] Openshift: <https://www.openshift.com/>